

Авторефер
и 88

ОДЕССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА

На правах рукописи

ИССА МАЖЕД МОХАМЕД

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Специальность 05.04.03 - Холодильная и криогенная техника,
системы кондиционирования

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

xv 1085

Інститут холода
ОНАХТ
бібліотека

Одесса - 1996

Работа выполнена в Одесской Государственной Академии Холода и научно-производственной фирме "Новые Технологии" Госпищепрома Украины.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
А.В.Дорошенко

Официальные оппоненты - Доктор технических наук, профессор
Михайленко Г.Г.
Кандидат технических наук, доцент
Морозюк Л.И.

Ведущая организация - Инженерно - технологический институт
"Биотехника"

Защита состоится "27" декабря 1996 г. в 14⁰⁰ часов на заседании специализированного Совета Д.05.20.01 при Одесской Государственной Академии Холода по адресу: 270100, г.Одесса, ул.Дворянская, 1/3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОГАХ.

Автореферат разослан "27" ноября 1996 г.

Ученый секретарь

Ученого Совета

Профессор

В.А.Календерьян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Последнее десятилетие поставило под сомнение возможности традиционных решений в области вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха. Сама необходимость в развитии этих систем жизне-обеспечения неуклонно возрастает и нужда в более эффективных решениях сегодня даже более настоятельна, чем во времена энергетического кризиса 70-х годов. В то же время энергетические ресурсы истощаются, при продолжающемся росте населения. Создание же более эффективных технологий сдерживается значительно больше, чем 20 лет назад: существует проблема с озоноразрушающими хладагентами, следует уменьшить выделение CO₂, как разумный ответ на потенциальное глобальное потепление. Относительная влажность внутри помещений должна быть снижена для воспрепятствования росту микроорганизмов, вызывающих заболевания. Ужесточение экологических требований к отбору хладоносителей и необходимость снижения энергозатрат, обусловили поиск новых, перспективных на рубеже XXI века решений, к числу которых относится использование в системах кондиционирования воздуха (СКВ) испарительных методов термовлажностной обработки воздуха, базирующихся на использовании естественного потенциала - неравновесного состояния воздуха, в этом смысле, стоящего в ряду возобновляемых источников энергии (солнечная, ветровая, геотермальная и пр.).

Непрямое испарительное охлаждение воздуха обеспечивает охлаждение при неизменном влагосодержании и представляет несомненный интерес для создания СКВ нового поколения. К сожалению, применимость этого метода ограничена областью сухого и жаркого климата и при высоких влагосодержаниях метод малоэффективен. Альтернативой в самой долгосрочной перспективе может быть открытая абсорбционная система (предварительное осу-

шение воздуха, испарительное охлаждение, регенерация сорбента) использующая, в качестве греющего источника, энергию солнца, газовый бойлер либо любой источник низкопотенциального тепла, и включающая косвенно-испарительный воздухоохладитель. Последние годы характеризуются резким всплеском интереса к возможностям открытых абсорбционных систем, как основной для создания нового поколения холодильных, теплонасосных и кондиционирующих систем, отличающихся экологической чистотой и малой энергоемкостью. Многочисленные исследования последних лет не выходят за рамки теоретическо-экспериментальных изысканий.

Цикл работ, выполненных в ОГАХ, по исследованию и созданию косвенно-испарительных воздухоохладителей для СКВ, явился основой для разработки альтернативных СКВ (АСКВ), основанных на использовании открытого абсорбционного цикла.

Цель исследования состоит в разработке новых схемных решений АСКВ на основе ОИР-цикла (осушение, испарительное охлаждение, регенерация), интегрирующих косвенно-испарительный охладитель, разработке основ расчета таких систем, экспериментальном исследовании КИО в области малых влагосодержаний, обеспечиваемых ОИР-циклом и разработке основ проектирования новых систем и аппаратуры для них.

Научную новизну работы составляют:

- методика и результаты моделирования процессов в АСКВ на основе открытого абсорбционного цикла, обеспечивающие прогнозирование рабочих характеристик системы;
- результаты экспериментальных исследований рабочих характеристик КИО в области малых влагосодержаний; -результаты расчетно-теоретических исследований рабочих режимов в АСКВ и рекомендации по конструированию основных элементов таких систем.

На основе полученных результатов сформулировано и обосновано научное положение:

- открытая абсорбционная система (предварительное осушение воздуха, испарительное охлаждение, солнечная регенерация абсорбента), интегрирующая косвенно-испарительный воздухоохладитель, эффективно обеспечивает получение комфортных параметров в области влагосодержаний, характерных для жаркого и влажного климата, при низкой относительной влажности в помещении; для условий жаркого и сухого климата оптимально не прямое испарительное охлаждение без предварительного осушения воздуха.

Обоснованность рекомендаций и научных положений обеспечивается использованием отработанной методики экспериментального исследования процессов КИО, применением современной аппаратуры, удовлетворительным согласованием результатов расчетных и экспериментальных исследований.

Практическая ценность: получен обширный расчетный и опытный материал, разработаны основы конструирования всех основных элементов АСКВ.

Апробация работы: основные результаты исследования докладывались на: Internenational Conference. "Research, Design and Construction of Refrigeration and Air Conditioning Equipments in Eastern European Countries", Bucharest, Romania.

Публикации: по теме диссертации опубликован один доклад в трудах международной конференции.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка использованных источников и содержит 139 стр. текста, 5 таблиц и 47 рисунков. Библиография - 91 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе представлены:

- анализ современных тенденций развития СКВ с учетом проблем энергосбережения и озонобезопасности, а также современных требований к качеству комфорта;
- Обзор работ по использованию непрямого испарительного охлаждения в СКВ с учетом климатических ограничений по применимости;
- Анализ теоретических и экспериментальных исследований открытых сорбционных систем для СКВ с использованием жидких либо твердых сорбентов и солнечной энергии;
- Анализ схемных решений АСКВ, аппаратурного оформления, экспериментальных и теоретических методов исследования.

На основе выполненного анализа сделаны выводы и сформулированы задачи исследования:

- Разработка новых принципиальных схемных решений АСКВ, интегрирующих косвенно-испарительный воздухоохладитель и гелиосистему;
- Создание методики расчетно-теоретического исследования АСКВ на основе открытого абсорбционного цикла. Проведение исследований и получение расчетных прогнозиционных характеристик АСКВ с учетом изменяющихся климатических и производственных параметров;
- Экспериментальное исследование характеристик КИО применительно к новым условиям эксплуатации в АСКВ.
- Разработка практических рекомендаций по конструированию АСКВ и теплообменной аппаратуры для таких систем.

Вторая и третья главы работы посвящены теоретическому и экспериментальному исследованиям АСКВ на основе открытого аб-

сорбционного цикла и косвенно-испарительных воздухоохладителей для таких систем.

Проблемы, свойственные парокомпрессионной холодильной технике и связанные с разработкой озононеразрушающих рабочих тел, вызвали значительный и все возрастающий интерес к возможностям открытых абсорбционных систем, работоспособных при исключительно малых перепадах температур и использующих, в качестве греющего источника, низкопотенциальное тепло, природный газ либо солнечную энергию. Схемные решения, конфигурация и назначение таких систем чрезвычайно разнообразны, как и перечень рабочих веществ (твердые и жидкие сорбенты). Открытый цикл может лежать в основе нового поколения холодильных, теплонасосных и кондиционирующих систем, базирующегося целиком на использовании возобновляемых источников энергии, таких как психрометрическая разность температур и солнечная. Количество работ, посвященных изучению возможностей открытого ОИР-цикла чрезвычайно многочисленно и непрерывно возрастает. В качестве основных элементов схемы включают абсорбер (адсорбер), где осушается воздушный поток, испарительный охладитель прямого либо непрямого испарительного типов и десорбер (регенератор) прямого либо непрямого типов, а также систему теплообменников, необходимость в которых обусловлена малыми температурными градиентами. Для организации непрерывного процесса, в случае применения твердых сорбентов, используют либо переключающиеся адсорберы, либо вращающиеся с определенной скоростью барабаны, секции которых заполнены адсорбентом при непрерывной и одновременной прокачке через различные секторы барабана осушаемого и регенерирующего потоков воздуха. Адсорбер характеризуется малыми габаритами и высокими характеристиками, но обладает большим сопротивлением движению теплоносителей и требует более высоких температур

регенерации. В этом смысле использование жидких сорбентов более предпочтительно. В качестве испарительных охладителей перспективно использование аппаратов непрямого испарительного типа. Безусловный интерес представляет возможность использования солнечной энергии в качестве греющего источника.

На рис. 1 приведены варианты разработанных схем альтернативных СКВ (АСКВ) на основе открытого абсорбционного цикла и солнечной регенерации абсорбента (CaCl_2). Здесь в практическом смысле может использоваться гелиосистема с плоскими солнечными коллекторами (СК) (непрямая регенерация, рис. 1. Б), т.е. самый дешевый и надежный тип гелиосистемы, разработанный и освоенный в ОГАХ - НПФ НТ для горячего водоснабжения и включающий, в зависимости от требуемой мощности и конфигурации, необходимое количество СК и бак-теплоаккумулятор 10. В качестве основных элементов схемы включают абсорбер 2 (осушитель воздуха); десорбер 4, 5, предназначенный для прямой (рис. 1.А) либо непрямой регенерации абсорбента; косвенно-испарительный охладитель 1 и систему регенеративных теплообменников 7, 8, 9, необходимость в которых продиктована малыми располагаемыми температурными напорами. В схему включается вентиляторная градирня 3 в сопряжении с ТОН(8), охлаждающая абсорбент. Для этой цели может использоваться отбросный холодный вспомогательный поток из КИО, либо абсорбер с внутренним испарительным охлаждением (рис. 1.В). Это обеспечивает высокую эффективность абсорбции (в несколько раз выше в сравнении с обычным абсорбером), позволяя уменьшить расход абсорбента, снизить затраты на его регенерацию и повысить общий к.п.д. системы на 30-35%. В качестве КИО используется разработанный в ОГАХ аппарат непрямого испарительного охлаждения. Для обеспечения собственных нужд в электроэнергии (насосы, вентиляторы) также может использоваться солнечная энергия

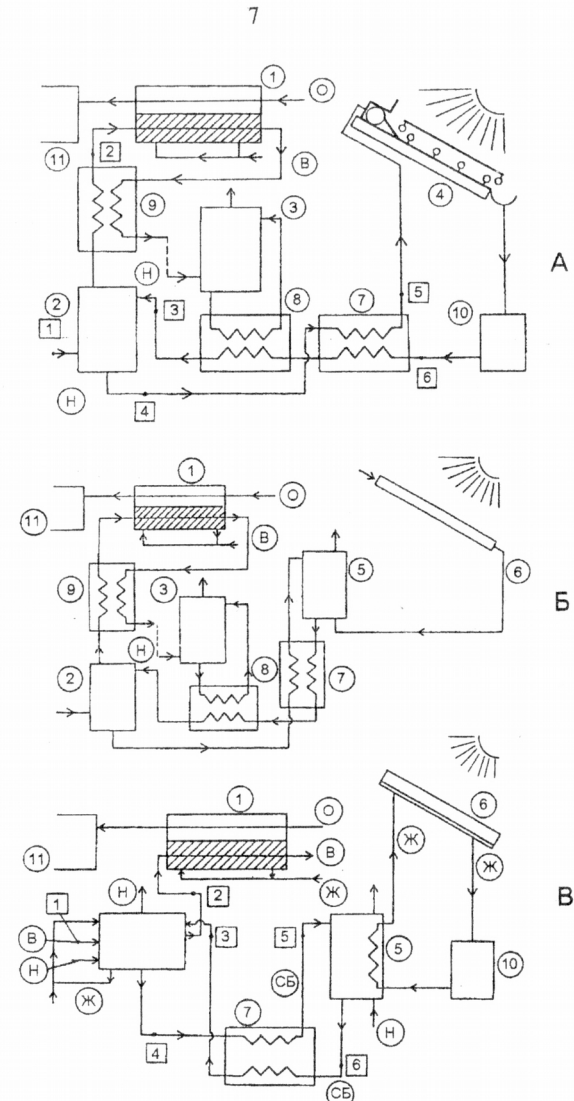


Рис. 1. Варианты разработанных схем альтернативных СКВ (АСКВ) на основе открытого абсорбционного цикла и солнечной регенерации абсорбента. А - АСКВ с прямой регенерацией сорбента; Б - с непрямой регенерацией; В - с абсорбером с внутренним испарительным охлаждением. Обозначения: 1- косвенно-испарительный охладитель; 2- абсорбер; 3- градирня; 4- солнечный регенератор; 5- десорбер; 6- гелиосистема; 7, 8, 9- теплообменники; 10- емкость; 11- помещение; О, В - основной и вспомогательный воздушные потоки; Н - наружный воздух; Ж - жидкость; 1, 2, ..., 6 - параметры потоков.

(фотоэнергетическая станция, разработанная в НПФ НТ). В этом случае решение полностью замкнуто на возобновляемые экологически чистые источники энергии.

Применительно к схеме с прямой регенерацией абсорбента и градирней в сопряжении с ТОП запишем балансовые уравнения (рис. 2):

– энергетический баланс солнечного регенератора (десорбера):

$$J(1-\rho)\alpha F_{PT} - \alpha_r(t_6 - t_\infty)F_{PT} - \gamma \Delta G_{\text{ж}} - 2G_{\text{CB}}^c C_{\text{CB}}(t_6 - t_5) = 0 \quad (1),$$

где: $J(1-\rho)\alpha F_{PT}$ - полное количество поглощенной раствором энергии;

$\alpha_r(t_6 - t_\infty)F_{PT} = Q_{PT}^r$ - тепловое рассеивание энергии в среду;

$\gamma \Delta G_{\text{ж}} = Q_{PT}^{\Delta}$ - рассеивание энергии в результате испарения;

$2G_{\text{CB}}^c C_{\text{CB}}(t_6 - t_5) = Q_{\text{CB}}$ - часть энергии, идущая на нагрев раствора

$\Delta G_{\text{ж}} = \beta_p(P_6 - P_\infty)F_{PT}$ - испарение в десорбере;

– процесс в абсорбере:

$$Q_{\text{AB}} = G_r(h_1 - h_2) = G_r E_{\text{AB}}(h_1 - h_3) = G_r E_{\text{AB}}[C_p(t_r^1 - t_3) + \gamma(X_r^1 - X_3)] = G_r E_{\text{AB}}[C_p(t_r^1 - t_3) + Y(P_r^1 - P_3)] \quad (2),$$

– где: $Y = \frac{0.622\gamma}{P_6}$; $E_{\text{AB}} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3}$; $Q_{\text{AB}} = G_{\text{CB}}^c C_{\text{CB}}(t_4 - t_3)$;

– для теплообменников ТО1 (абсорбент/абсорбент) и ТОП (абсорбент/вода из градирни, либо вспомогательный поток воздуха из испарительного охладителя):

$$G_{\text{CB}}^c(t_5 - t_4) = G_{\text{CB}}^k(t_6 - t_7) \quad (3),$$

$$E_{\text{ТО}}^{\text{II}} = \frac{t_7 - t_3}{t_7 - t_{\text{ж}}^1 + E_{\text{гр}}(t_{\text{ж}}^1 - t_{\text{М}}^1)} \quad (4),$$

где: $E_{\text{гр}} = \frac{t_{\text{ж}}^1 - t_{\text{ж}}^2}{t_{\text{ж}}^1 - t_{\text{М}}^1}$. Далее, с учетом эмпирического соотношения

Льюиса $\frac{\alpha_r}{\beta_r} \cong C_p \left(\frac{\alpha_r}{\beta_r} \cong \frac{C_p P_B}{0.622} \right)$ и уравнения $P_{\text{CB}} = a + bt_{\text{CB}} + \frac{C}{C_{\text{CB}}}$, где a, b, c

(a' , b' и c') - постоянные для выбранного абсорбента, получим:

$$\Delta G_{\text{ж}} = \frac{J(1-\rho)\alpha F_{PT} - \alpha_r(M - t_r^1)F_{PT} - 2G_{\text{CB}}^k C_{\text{CB}} \left[M(1-E) + E \left(\frac{E_{\text{ТО}}^{\text{II}} t_{\text{ж}}^2 - N}{1 - E_{\text{ТО}}^{\text{II}}} \right) - R(t_r^1 - N) - N \right]}{\frac{C_p P_B}{b' \cdot 0.622} + \gamma + 2G_{\text{CB}}^k C_{\text{CB}} \left[\frac{1-E}{b' \beta_p F_{PT}} - \frac{\gamma}{G_{\text{CB}}^k C_{\text{CB}}} + \frac{P_6}{b \cdot 0.622 G_r E_{\text{AB}}} - \left(\frac{E}{1 - E_{\text{ТО}}^{\text{II}}} - R + 1 \right) \right]} \quad (5)$$

где: $M = \frac{1}{b'} \left(P_\infty - a' - \frac{C'}{C_B} \right)$; $N = \frac{1}{b} \left(P_r^1 - a - \frac{C}{C_3} \right)$; $C_3 = C_6$;

$$E = \frac{G_{\text{CB}}^k}{G_{\text{CB}}^c}; \quad R = \frac{G_r C_p E_{\text{AB}}}{G_{\text{CB}}^k C_{\text{CB}}}; \quad t_\infty = t_r^1; \quad P_\infty = P_r^1.$$

Уравнение (5) позволяет оценить эффективность осушения (работу системы абсорбер-солнечный регенератор) и определить параметры воздуха на входе в испарительный охладитель, т.е. решить задачу прогнозирования характеристик цикла для заданных производственных и климатических условий.

Проведено экспериментальное исследование характеристик КИО применительно к новым условиям эксплуатации в составе АСКВ. Насадочная часть КИО выполнена по совмещенной схеме с чередующимися влажно-сухими каналами при принятой поперечноточной схеме контактирования основного и вспомогательного воздушных потоков (рис. 3.А) Использование регулярной шероховатости поверхности продольнофрированных (в направлении течения жидкостной пленки) листов позволило исключить необходимость в гигроскопических покрытиях на боковых поверхностях "влажных" каналов. Экспериментально установлены оптимальные значения эквивалентных диаметров основных и вспомогательных каналов, соотношение расходов основного и вспомогательного воздушных потоков $l = G_o/G_b \cong 1.0$ и расхода жидкости $G_{\text{ж}}$, рециркулирующей через насадку КИО.

Расчеты по выражению (5) выполнены на 1 м^2 поверхности регенератора (СК) - $F_{PT} = 1.0 \text{ м}^2$ - для диапазонов значений (рис. 4): $J = 2000 - 3500 \text{ кДж/(чм}^2)$ (характеристики гелиосистемы взяты при скорости ветра 5 м/с), $C_{\text{CB}} = 40 - 80\% \text{ CaCl}_2$, $t_r^1 = 20 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$,

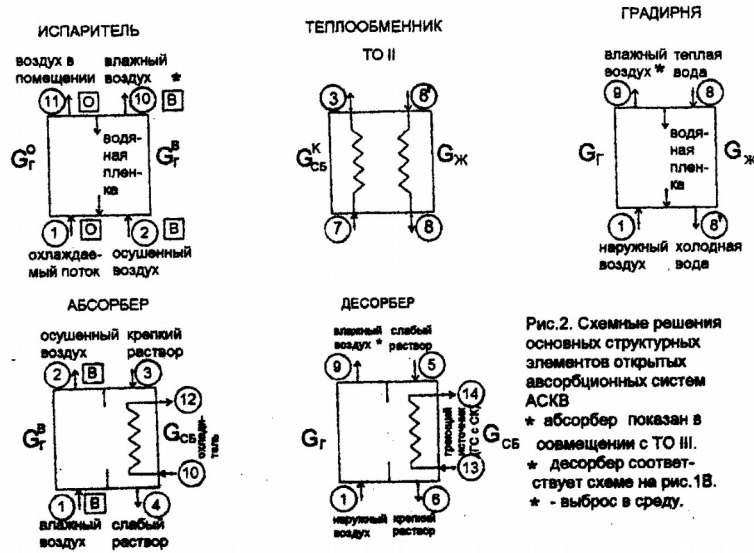


Рис.2. Схемные решения основных структурных элементов открытых абсорбционных систем АСКВ
 * абсорбер показан в совмещении с ТО III.
 * десорбер соответствует схеме на рис.1В.
 * - выброс в среду.

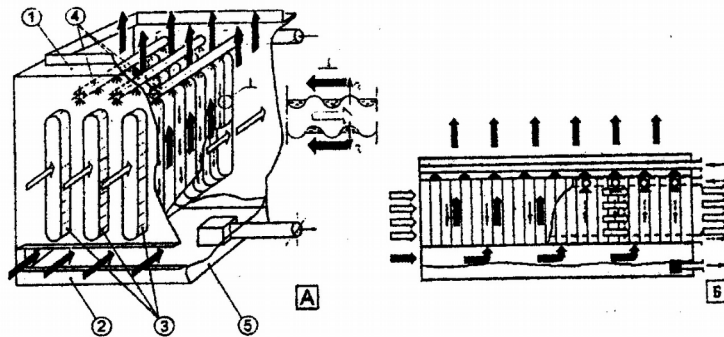


Рис.3. Компонентная схема косвенно-испарительного воздухоохлаждителя. А(1- корпус, 2- емкость для воды, 3- галетные насадки, 4- распределитель, 5- вода) и абсорбер с внутренним испарительным охлаждением, Б (→ - основной поток воздуха, → - вспомогательный поток, → вода, → абсорбент).

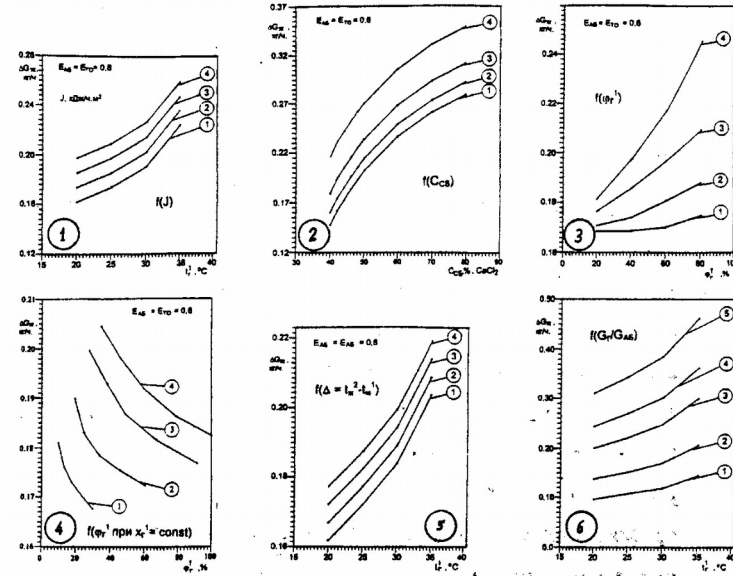


Рис.4. Влияние основных исходных параметров на характеристики системы (прогнозные расчеты по уравнению 5). Обозначения на рисунках: 1 - линии 1-4 соответствуют значениям $J = 2000, 2500, 3000, 3500$ кДж/ч.м²; 2- 1-4 → $t_1^1 = 20, 25, 30, 35$ °C; 3- аналогично; 4- 1-4 → $P_1^1 = 5, 10, 15, 17.5$ мм Hg; 5- 1-4 → $\Delta = 5, 4, 3, 2$ °C; 6- 1-5 → $l = 0.5, 0.7, 1.0, 1.2, 1.5$; неизменными в расчетах являлись значения величин: $J = 2500$ кДж/ч.м²; $C_{CB} = 45\%$ CaCl₂; $\varphi_1^1 = 80\%$; $\Delta = 3$ °C; $l = 1.5$; для рис. 6. значение расхода абсорбента 10 кг/ч.

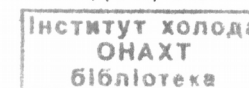
аппаратов, в которых в качестве основных элементов насадки используется продольно гофрированный (в направлении течения жидкостной пленки) лист насадки с нанесенной на его поверхность регулярной шероховатостью (метод интенсификации). При этом создается струйно-пленочный режим течения жидкости (во впадинах гофрировки) и влажно-сухой режим контактирования потоков газа и жидкости, что минимизирует энергозатраты и потерю жидкости. Для косвенно-испарительного воздухоохлаждителя (рис. 3.А) и абсорбера с внутренним испарительным охлаждением (рис. 3.Б) принята общая идеология кон-

$\varphi_r^1 = 20-80\%$, $\Delta = (t_{ж}^2 - t_M^1) = 2-5$ °С. Принимали значения эффективности процессов в абсорбере и теплообменниках $E_{AB} = E_{TO} = 0.8$ и в косвенноиспарительном воздухоохладителе $E_o^1 = \frac{t_o^1 - t_o^2}{t_o^1 - t_{o,p}^1} = 0.6$ (данные автора). Величина E_o^1 имеет тенденцию к росту при снижении X_r^1 и, далее, для упрощения анализа, ее принимали неизменной для всего диапазона начальных условий. Величина $I = G_r / G_{CB}$ изменилась в пределах 0.5-1.5, но в основном массиве расчета принято $I = 1.0$ ($G_r = 15$ кг/ч), что соответствует условиям оптимальности протекания процесса. Эффективность АСКВ растет с увеличением J , причем эффективность охлаждения абсорбента играет здесь ключевую роль; растет с ростом концентрации C_{CB} (при $C_{CB} \geq 60\%$ $CaCl_2$ отмечается прогрессирующее снижение роста эффективности); растет с увеличением φ_r^1 (при $t_r^1 = \text{const}$) и снижается с увеличением φ_r^1 (при $X_r^1 = \text{const}$). Любой путь снижения t_{AB} перед абсорбром (градирня, вспомогательный поток воздуха из КИО, внутреннее испарительное охлаждение абсорбера) значительно улучшает его работу. АСКВ обладает высокой эффективностью в области высоких значений t_r^1 и X_r^1 (влажный и жаркий климат), где эффективность КИО без предварительного осушения воздуха резко снижается (рис. 4), а в области $X_r^1 \leq 10$ г/кг сухого воздуха вполне достаточным является автономное использование КИО. Дополнительно АСКВ обеспечивает снижение количества влаги в кондиционируемом помещении.

В четвертой главе приведены основные компоновочные схемы АСКВ с прямой и непрямой солнечной регенерацией абсорбента. Конструктивное оформление всех основных элементов АСКВ унифицировано (абсорбер, десорбер, КИО, градирня): они решены в виде пленочных поперечноточных теплообменников

струирования. Аппараты решены по совмещенной схеме в виде многоканальной насадки: с чередующимися “влажными” (вспомогательный воздушный поток-рециркулирующая водяная пленка) и “сухими” каналами (охлаждаемый основной поток) для КИО и “влажными” (наружный воздух - рециркулирующая водяная пленка) и “осушительными” каналами (осушаемый воздух - пленка абсорбента) для абсорбера. Основная проблема здесь заключается в обеспечении герметичности каналов и разводке потоков жидкости на выходе из абсорбера. В КИО и абсорбере разработанные элементы насадки образуют замкнутые каналы (галеты), обеспечивая раздельное течение воздушных потоков и требуемую герметичность. Для конструирования десорбера (схемы Б и В, рис. 1) использовано ранее разработанное в ОГАХ решение испарительного конденсатора трубчато-ребристого типа с описанным выше насадочным элементом - продольнофигурным листом. Поскольку основные элементы схем ранее были освоены в ОГАХ - НПФ НТ для других задач в виде типовых рядов ТМА различной единичной мощности, а опыт эксплуатации гелиосистем с СК (НПФ НТ) различной мощности и модификаций составляет 5 лет, нет принципиальных проблем в практическом освоении разработанных АСКВ. Выполнен технико-экономический анализ новых решений, включающий область предпочтительного использования, сравнительные достоинства и перечень вопросов, требующих дальнейшего решения (выбор рабочих тел с учетом коррозионного воздействия, предотвращение попадания абсорбента в кондиционируемый воздух, возможность снижения концентрации абсорбента и нагрузки на регенератор и др.).

xv 1085



ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Резкое обострение взаимосвязанных энергетических и экологических проблем, в частности, свойственных парокомпрессионной технике, обусловили высокий интерес к возможностям испарительного охлаждения сред, климатические ограничения применимости последнего в СКВ снимаются переходом к открытому абсорбционному циклу, использующему солнечную энергию.
2. Разработанные схемные решения АСКВ, основанных на открытом абсорбционном цикле, интегрируют косвенно-испарительный охладитель с использованием отбросного холодного вспомогательного воздушного потока в цикле, гелиосистему с плоскими солнечными коллекторами, либо прямую солнечную регенерацию абсорбента, обеспечивая экологическую чистоту и малоэнергоемкость.
3. Разработанная методика моделирования рабочих процессов в АСКВ обеспечивает возможность прогнозирования рабочих характеристик систем с учетом изменяющихся производственных и климатических параметров.
4. Расчеты, выполненные для $F_{рт}=1 \text{ м}^2$ ($J=2000-3500 \text{ кДж/чм}^2$, $C_{сб}=40-80\% \text{ CaCl}_2$, $t_r=20-40 \text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_r=20-80\%$, $\Delta = t_{ж}^2 - t_m^1 = 2-5 \text{ }^\circ\text{C}$; $G_r/G_{сб} = 0.5-1.5$), позволили выявить качественные тенденции и количественные характеристики АСКВ для широкого диапазона начальных условий. Поскольку цикл работает при малых перепадах температур, резко возрастает роль регенеративного теплообмена и снижения температурного уровня в абсорбере. Последнее обеспечивается использованием градирни, отбросного холодного вспомогательного потока из КИО, либо внутренним испарительным охлаждением абсорбера.
5. Проведено экспериментальное исследование характеристик КИО применительно к новым условиям эксплуатации в АСКВ.

- Экспериментально установлены оптимальные значения эквивалентных диаметров основных и вспомогательных каналов и соотношения расходов $l=G_r/G_{сб} \approx 1.0$ для КИО.
6. Показана высокая эффективность АСКВ на основе открытого абсорбционного цикла для условий жаркого и влажного климата; для жаркого и сухого климата оптимальным, с точки зрения эффективности и энергозатрат, является автономное использование КИО, без предварительного осушения воздуха.
 7. Разработаны компоновочные решения АСКВ с прямой и непрямой солнечной регенерацией, конструктивное оформление всех основных элементов которых (абсорбер, десорбер, КИО, градирня) унифицировано в виде пленочных поперечноточных ТМА, в качестве основных насадочных элементов которых использован продольнооффрированный (в направлении течения жидкостной пленки) лист насадки с регулярной шероховатостью поверхности, а в качестве греющего источника использована гелиосистема с плоскими коллекторами и баком-теплоаккумулятором.
 8. Выполненный технико-экономический анализ позволил определить области предпочтительного использования АСКВ, сравнительные достоинства на фоне традиционных решений и первоочередные задачи разработки и совершенствования таких систем.
- Основное содержание диссертации изложено в работах:
1. A. Doroshenko, Issa Majed Mohamed, Bahi Meger Ben-Said. Alternative Air-conditioning. Proc. International Conference "Research, Design and Conditioning Equipments in Eastern European Countries". (Meeting of IIR), Bucharest, Romania, September 10-13, 1996. p.p. 102-108.
 2. A. Doroshenko, Issa Majed Mohamed. New Developments of Air-conditioning. Proc. Sixth Intern. Conference "Heat Transfer and Renewable Sources of Energy", Świnoujście, Poland, 30.08 - 01.09.1996. p.p. 94-97.

Условные обозначения

t - температура, $^\circ\text{C}$, K ; h - энтальпия, кДж/кг ; X - влагосодержание, г/кг сухого воздуха; ϕ - относительная влажность, %; P - упругость водяных паров, мм Hg ; C - концентрация, % CaCl_2 ; J - инсоляция, $\text{кДж}/(\text{чм}^2)$; ρ , α - отражающая способность абсорбента к солнечной радиации, абсорбционная способность поверхности регенератора; g - скрытая теплота фазового перехода,

кДж/кг; c_p - теплоемкость, кДж/(кгК); α_g , β_p - коэффициенты тепло- и массоотдачи; G - расход среды, кг/ч; Q - количество тепла, кДж/ч; F - поверхность, м²; E - эффективность процесса.

Индексы

г, ж - газ, жидкость; м, р - мокрый термометр, точка росы; сб - абсорбент; с, к - слабый и крепкий раствор; н - наружный воздух; п, о, в - полный, основной и вспомогательный потоки воздуха в КИО; АСКВ - альтернативная система кондиционирования воздуха; ОИР - открытый абсорбционный цикл (осушение, испарительное охлаждение, регенерация); КИО - косвенно-испарительный воздухоохладитель; ТМА теплообменник; АБ, ДБ - абсорбер, десорбер; РГ - регенератор; ТО - теплообменник; ГР - градирня; РН - регулярная насадка; ГС, СК - гелиосистема, солнечный коллектор.

АНОТАЦІЯ

Іса Мажед Мохамед. Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.04.03 - холодильна та криогенна техніка, системи кондиціонування. Одеська Державна Академія Холоду. Одеса, 1996.

- В дисертації наведені та обгрунтовані нові схемні рішення АСКП на основі відкритого абсорбційного циклу (осування повітря, випарююче охолодження, сонячна регенерація абсорбента), інтегруючи процеси непрямого випарюючого охолодження повітря;
- методика моделювання робочих процесів в АСКП, які забезпечують можливість прогнозування характеристик;
- результати експериментального дослідження процесів в НВО в галузі малих вихідних вологовіств повітря;
- прогнозуючи характеристики АСКП і усіх основних елементів таких систем (тепломасообмінна апаратура та геліосистеми).

Захищається наукове положення, що конкретизує галузь кліматичних зон, перспективних для реалізації АСКП і методу непрямо-випарюючого охолодження.

Ключові слова: відкрита абсорбційна система, абсорбент, абсорбер, десорбер, непрямо-випарюючий повітряохолоджувач, геліосистема: сонячний колектор.

SUMMARY Issa Majed Mohamed

The dissertation for the scientific degree of the candidate of technical sciences on speciality 05.04.03 - Refrigeration and cryogenic engineering system of conditioning. Odessa State Academy of Refrigeration. Odessa, 1996.

In the dissertation presented and motivated are:

- new schematic developments of ASAC on the basis of the open absorption cycle (air dehydration, evaporative cooling, solar regeneration of the absorbent), integrating processes of indirect evaporative air cooling;
- method of simulation the working processes in ASAC, ensuring the possibility to predict characteristics;
- results of experimental research for processes in JEC in the range of low initial moisture contents of the air;
- predicted ASAC characteristics illustrating possibilities of such schemes conformably to air-conditioning;
- recommendations for designing ASAC and all the main components of such systems (heat-and-mass transfer equipment and helio systems).

Maintained is the scientific statement concretizing the climatic zones perspective for ASAC realization and the method of indirect evaporative cooling.

Key words: open absorption systems, absorbent, absorber, desorber, indirect evaporative air-cooler, helio systems, solar collector.